



平成 28 年度 TIA 連携プログラム探索推進事業「かけはし」 調査研究報告書(公開版)

【研究題目】白金フリー燃料電池カーボン触媒イノベーション

【整理番号】TK16-52

【代表機関】筑波大学

【調査研究代表者】中村潤児 029-853-5279 nakamura@ims.tsukuba.ac.jp

【TIA 内連携機関：連携機関代表者】物質・材料研究機構 森利之，産業技術総合研究所 児玉昌也，高エネルギー加速器研究機構 間瀬一彦，東京大学 原田滋久

【TIA 外連携機関】

慶應義塾大学，SLAC National Accelerator Laboratory – Stanford University (USA)

【報告書作成者】

中村潤児

【報告書作成年月日】

平成 29 年 4 月 5 日

【連携推進（具体的な連携推進活動内容とその活動の効果等）】

1) 共同研究の推進

1-1 筑波大中村研究室と NIMS 森研究室の共同研究において、燃料電池評価装置において、常圧から絶対圧 3 気圧までの圧力変化のもと、新規白金フリー燃料電池カーボン触媒性能評価が可能な状態を整備、予備的検討をすませ、発電試験において性能を評価できる状態を整備した。

1-2 筑波大の中村、近藤准教授、慶應義塾大学の近藤教授、KEK 間瀬博士、SLAC-Stanford University 小笠原博士、NIMS 森博士が連携し、放射光施設を用いて Operando 計測用燃料電池セルにおいて発電試験を行った。

1-3 筑波大学の中村、神原教授、鍋島教授、NIMS の有賀博士、Hill 博士が共同で窒素含有分子触媒の合成と触媒活性評価を行った。ピリジン型窒素種の局所構造によって触媒活性が大きく異なることを見出した。

1-4 筑波大学の岡田教授は中村との議論を通して、カーボン触媒に現れる非結合性軌道の状態が電位によってどのように変化するかを調べた。その結果、電位によって非結合性軌道を占有または非占有状態に任意に変化させ得ることが明らかとなった。

2) 外部資金応募状況

2-1 平成 29 年度科研費基盤研究 A に申請し採択となった。研究課題名は、「窒素ドーピングカーボン触媒の機能解明とボトムアップ合成」(代表:筑波大中村)で、分担研究者および連携研究者はかけはしのメンバーである(NIMS の森博士、有賀博士、慶應の近藤教授、筑波大の神原教授、近藤准教授)。

2-2 平成28年度調査研究成果を基に、自動車会社への共同研究打診中(筑波大内の拠点構築を目指



す)。平成29年4月に面談予定。

2-3 筑波大学の概算要求(数理物質融合科学センター、学際物質科学研究センター関連)により当センターのPIとして、平成29年度からカーボン触媒の研究を推進することとなった。

2-4 平成28年度CRESTに申請したが不採択となった。

3) 研究会・セミナー・ワークショップ等の開催状況

3-1 TIA 連携プログラム キックオフミーティング (7月1日午前9時～12時)

場所:筑波大学総合研究棟B611室, 参加者 15名

発表者:参加者全員

3-2 TIA 架け橋プロジェクト第1回研究会 (8月2日午後1時～5時30分)

場所:筑波大学総合研究棟 B609-2 室, 参加者 20名

発表者 9名 (開催概要は以下のとおり)

●日時:平成28年8月2日(火) 14:00～17:30

●場所:筑波大学、総合研究棟 B609-2 室

●小笠原氏講演

13:00 スタンフォード放射光研究所 Staff Scientist 小笠原寛人氏 講演

● 第2回白金フリーカーボン触媒プロジェクト研究会(敬称略)

14:00-14:20 挨拶・連絡 筑波大学 中村 潤児

14:20-14:40 産業技術総合研究所 曾根田 靖

14:40-15:00 産業技術総合研究所 羽鳥 浩章

15:00-15:20 物質・材料研究機構 森 利之

15:20-15:40 休憩

15:40-16:00 物質・材料研究機構 有賀 克彦

16:00-16:20 筑波大学 鍋島 達弥

16:20-16:40 筑波大学 神原 貴樹

16:40-17:00 東京大学 原田 慈久

17:00-17:20 高エネルギー加速器研究機構 間瀬 一彦

3-3 TIA 架け橋プロジェクト主催 白金フリーカーボン触媒ワークショップ (10月31日午後1時～6時30分)

発表者 3名 (開催概要は以下のとおり)

●日時:平成28年10月31日(月)13:00-18:30

●会場:筑波大学 大学会館 国際会議室

参加費:無料

●プログラム

13:00-13:10 あいさつ

13:10-14:10 豊開 真之 氏(帝人)



「含窒素高分子から作製される燃料電池カソード用炭素触媒」

14:10-15:10 山田 泰弘 氏(千葉大学)

「含窒素ナノカーボン材料の構造解析と応用」

15:10-15:30 休憩

15:30-16:30 羽鳥 浩章 氏(産総研)

「キャパシタ材料としての窒素ドーパカーボンとその電気化学特性」

17:00-18:30 懇親会

3-4 TIA 架け橋プロジェクト第2回会合

場所:筑波大学総合研究棟 B108室

開催日時:3月31日 13:30~16:30

内容:i) プロジェクト進捗状況報告

ii) 研究のポイントのディスカッション・サジェスチョン

iii) 研究紹介(1名)

iv) 次年度申請・今後の展開について

【調査研究内容(実験等中心に背景・課題と実行された課題解決の内容と結果)】

1. **ピリジン型窒素含有共役系分子を用いた触媒のボトムアップ設計**

ピリジン型窒素を含有する分子をカーボン担体に吸着させるだけで酸素還元触媒として機能することが明らかとなった。研究成果は、日本化学会で発表した(平成29年3月24日)。「ピリジン型窒素含有分子を用いた燃料電池カソード触媒の設計」(筑波大学、物質・材料研究機構) 下山 雄人・渋谷 陸・近藤 剛弘・森 利之・中村 潤児) 現在、論文作成を進めている。

2. **新奇なピリジン型窒素を含有する分子の合成**

NIMSの有賀博士、Hill博士らは、新規窒素含有分子の合成に成功した(非公開)。

3. **オペランド放射光実験による触媒作用メカニズムの研究**

燃料電池作動条件下でカーボン触媒の電子状態を測定することに成功した。現在、解析を進めている段階である。

4. **DFTによる電位印加グラフェンの電子状態の計算**

電位を印加させたグラフェンの非結合性軌道の電子状態について明らかにし、現在、論文を投稿中である。

5. **第8回TIAシンポジウム(2016年10月11日イイノホール)**

本かけはしプロジェクトについて紹介する講演をした。タイトルは「白金フリー燃料電池カーボン触媒実現のシナリオ」

6. **招待講演・依頼講演**

代表者分に限れば、国際依頼・招待講演が5件、国内依頼・招待講演が4件

7. **受賞** 日本表面科学会学会賞(中村潤児)

8. **論文引用回数** Science(2016)の論文引用数が200回を越えた。

【今後の予定】

今後の予定のポイントは、i)異分野の優れた研究者集団によって質の高い研究成果を挙げることに、ii)自動車会社と共同で燃料電池の普及に貢献する基礎研究拠点を筑波大学新センター内に構築することである。そのためにも本かけはしプロジェクトによる継続が不可欠である。研究者の意識において、かけはしプロジェクトは求心力として機能している。

以下、具体的な予定を記す。

- 1．本かけはしメンバーとの共同研究で科研費基盤A（29-31年度：代表中村潤児）が採択された。31年度までは拠点形成の資金として本科研費が有効である。
- 2．自動車会社と拠点形成を折衝中である。29年度中に共同研究拠点形成を目標とし30年度以降は拠点拡大を図る。
- 3．研究大型研究予算（CREST，N E D O）は継続的に申請する。
- 4．ヘテロ元素ドーブカーボン材料の基礎研究としての特色を前面に出し、国際研究拠点へ発展させる。アメリカ、ドイツの有力研究者には既に本拠点については紹介している。自動車会社からの大型資金獲得後に直ちに拡大する。
- 5．本研究拠点を、筑波大学数理物質系の新センター（TIMS改組後）の大きな柱とする。概算要求（29～31年度確定）による研究費で研究を加速させる。
- 6．将来的には国際連携研究拠点へ発展させる。

以上。